

第八波にむけた感染拡大抑止のための 「富岳」飛沫シミュレーション

理化学研究所計算科学研究センター チームリーダー
神戸大学大学院システム情報学研究科 教授
坪倉 誠
富岳コロナ対策プロジェクト飛沫感染グループ

東京都モニタリング会議
2022年12月1日

本研究は以下の支援を受けて行っている。ここに謝意を表する。

- COVID-19 AI・シミュレーションプロジェクト（内閣官房）
- スーパーコンピュータ「富岳」政策対応枠「経済活動と感染防止対策の両立の実現のための「飛沫シミュレーション」の実施」
- CREST「異分野融合による新型コロナウイルスをはじめとした感染症との共生に資する技術基盤の創成」プロジェクト「スパコンによる統合的飛沫感染リスク評価システムの開発と社会実装」（科学技術振興機構）

本資料に含まれる図やアニメーションは、研究の主旨に沿った報道であれば自由に用いて頂いてかまいません。ただし利用の際は、媒体名と企画内容について、予め**理研計算科学研究センター広報**まで申請願います。

<https://krs2.riken.jp/m/media-form>

また、本研究に関する取材については、**理研計算科学研究センター広報**まで連絡をお願いします。

<https://krs2.riken.jp/m/media-form>

同一テレビ局内の**別報道番組**での動画等の再利用については、新たに許可を得る必要はありません。用いた場合の**番組名と報道日時のみ**、**上記広報まで必ずご連絡下さい**

坪倉 誠 の所属表記は、下記の例のように理研と神戸大を併記するようお願いします。

(例)

- ・ 理化学研究所計算科学研究センター チームリーダー／神戸大学大学院システム情報学研究科 教授
- ・ 理化学研究所チームリーダー／神戸大学教授
- ・ 理研／神戸大

マスクの効果

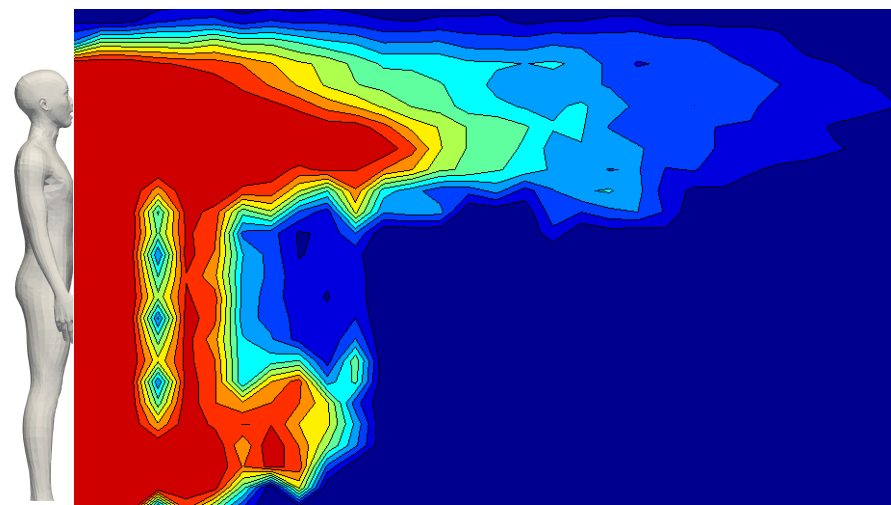
感染者の周りの感染リスクとマスクの効果

- 15分間感染者と接触した場合の感染確率(%)
 - マスクを装着することで漏れ出る飛沫量を1/3程度に抑えると共に、飛散距離を減らすことができる

Time: 0.25 s

マスク無し時

1 m



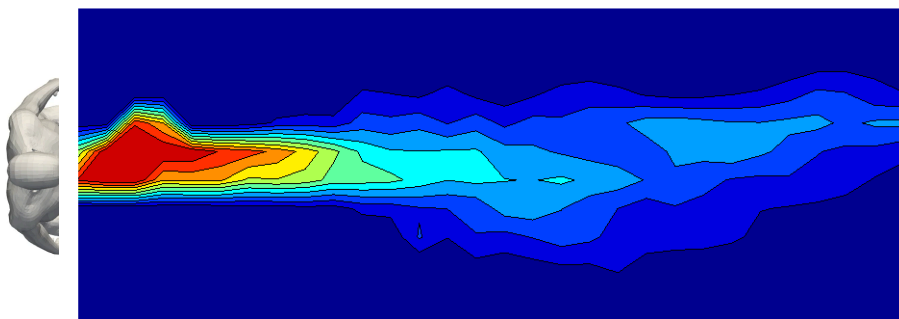
1 2 3

マスク装着時

Time: 0.50 s



0.5 1 1.5 2 2.5



1 2

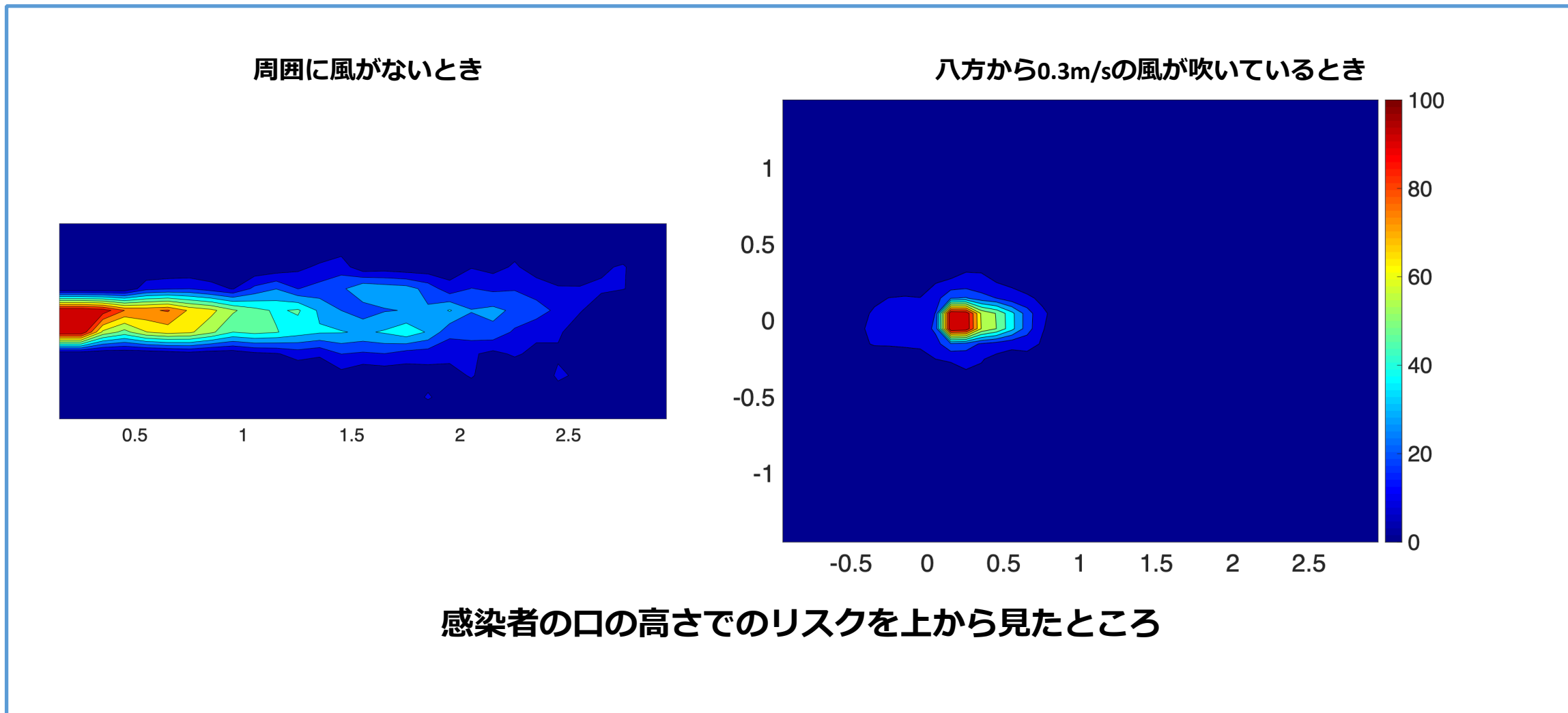
1 m



1 m

感染者の周りの感染リスクとマスクの効果

- 感染者の周りの気流（0.3m/sを考慮）を考慮した場合
 - 気流の拡散効果により、風がない場合と比較して、相対的にリスクは低くなる



- 湿度の影響

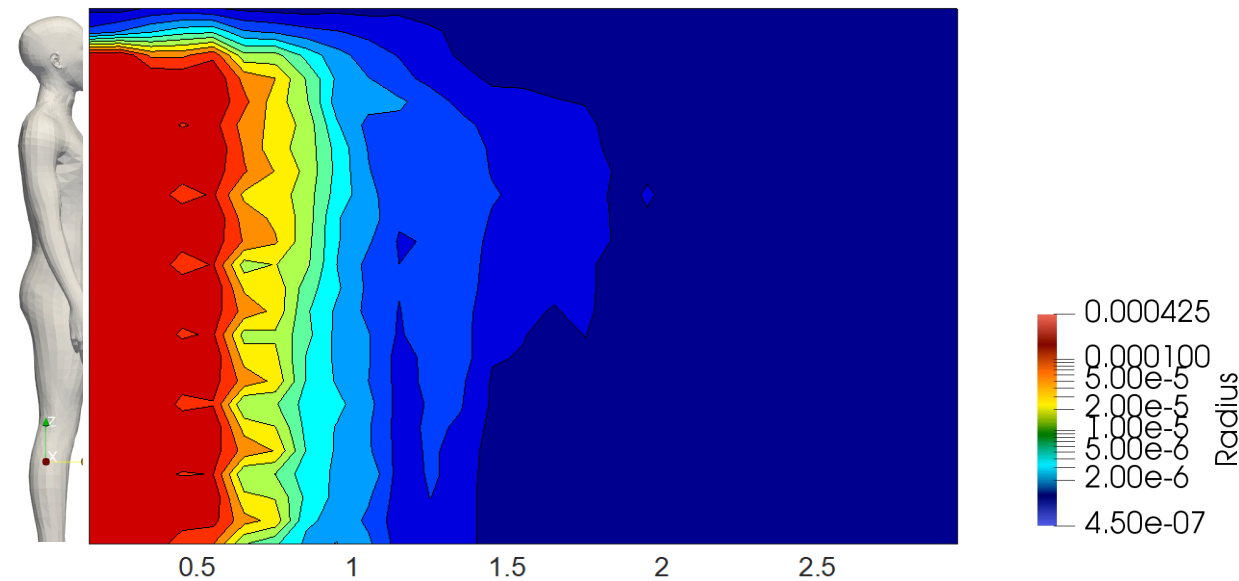
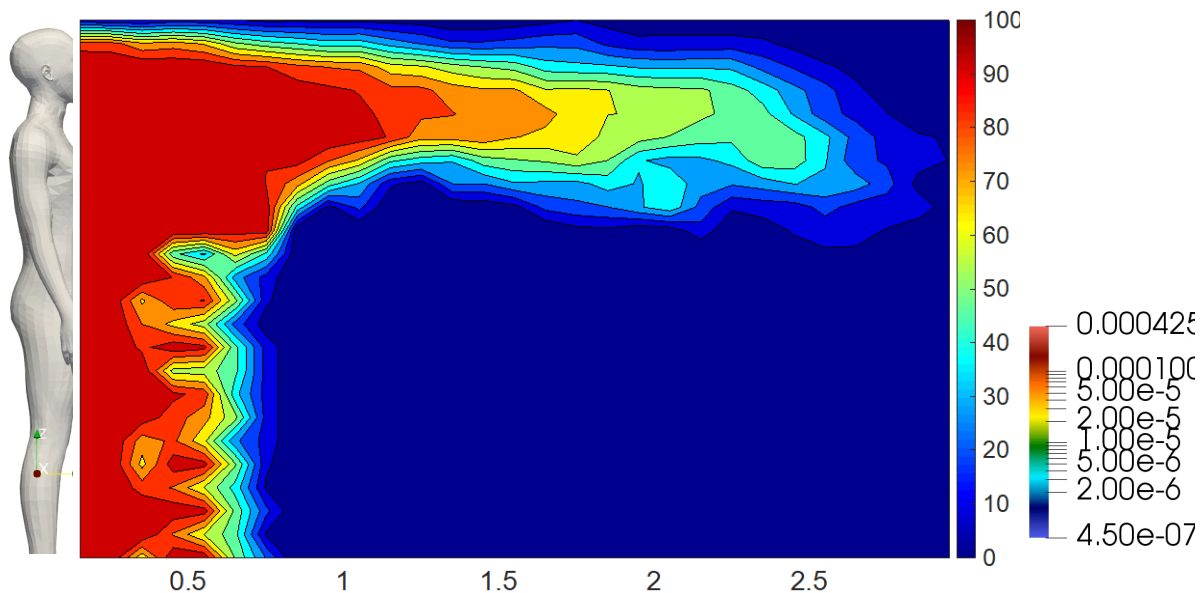
- 湿度が低下するとエアロゾル化する飛沫が増え、感染者周りの相対的なリスクが増加する

10%

100%

Time: 0.25 s

Time: 0.25 s

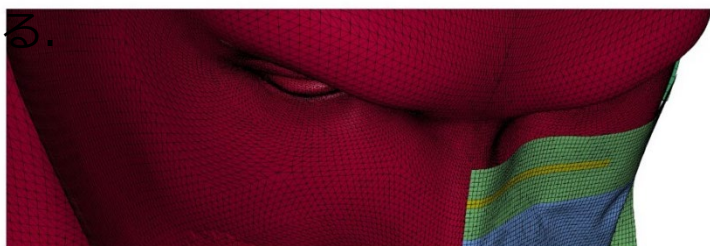


マスクと顔の隙間の影響

- 不織布マスクのノーズフィッター（鼻の金具）の効果
 - 隙間を付けることで、捕集効率が2～3割低下する

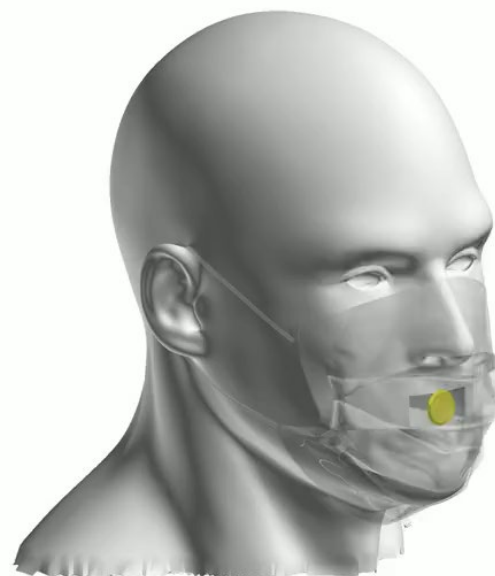
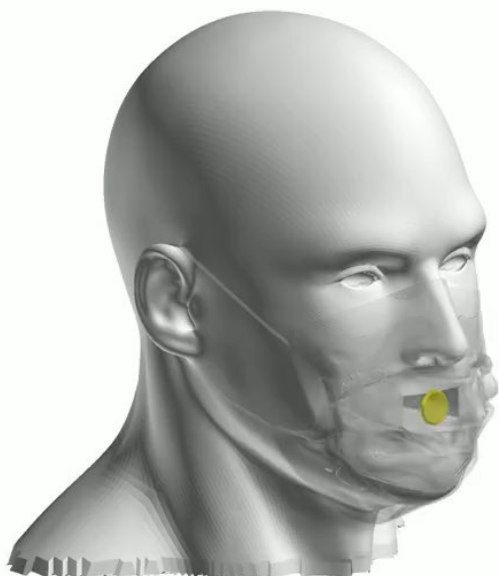
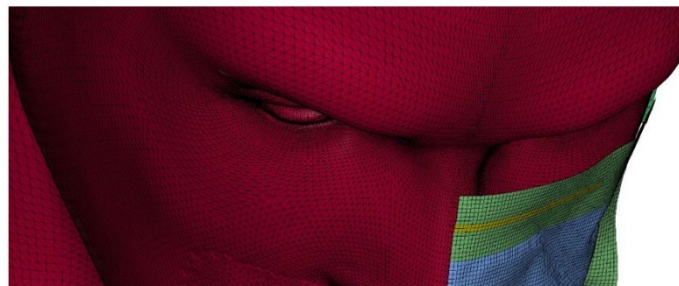
[タイトフィット]

金具を鼻の形状に沿って変形させて装着する。目元は概ねマスクと接触している。

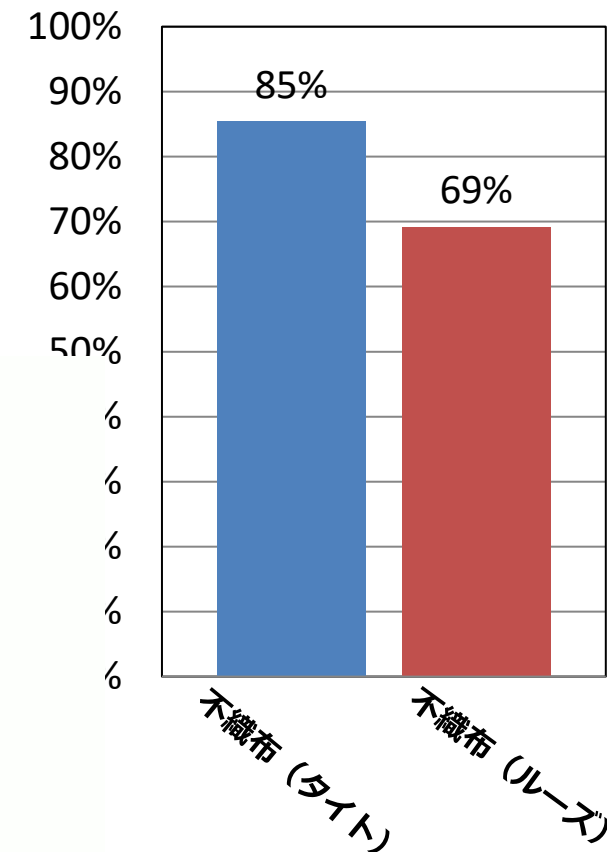


[ルーズフィット]

金具を鼻に沿って折り曲げずにそのまま装着する。



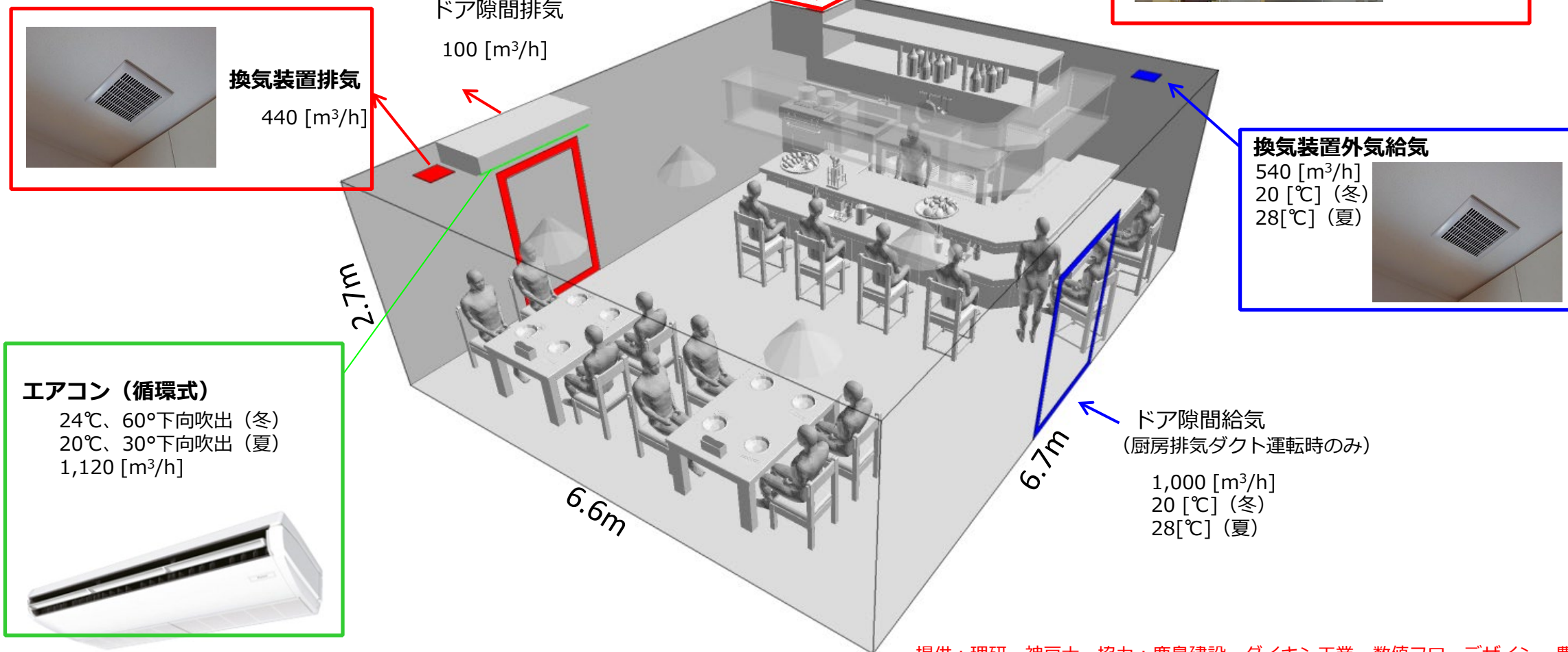
飛沫の捕集効果(個数)



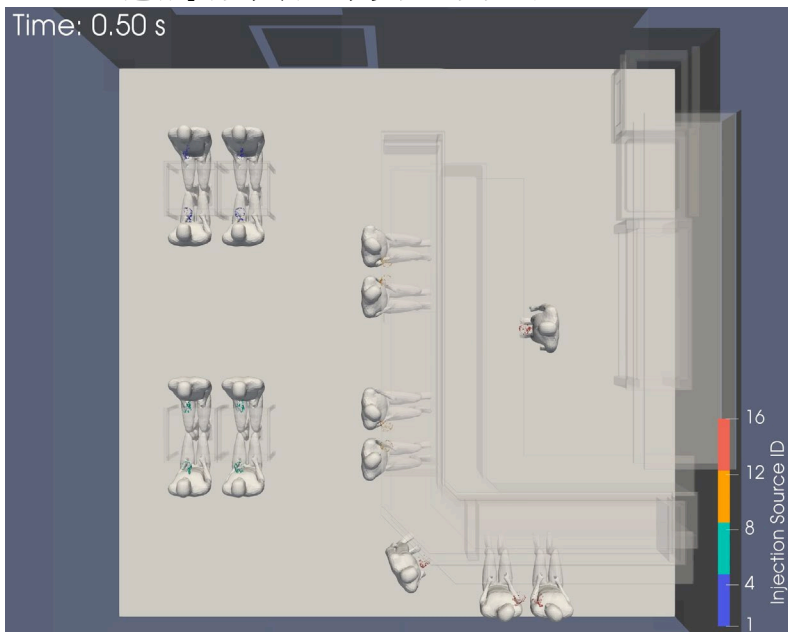
小規模店舗におけるリスク低減対策

16人程度が入る小型の店舗を想定

- 室内に**1名の感染者**が滞在するとして**在室者1名の感染確率**を求める
- 滞在時間は**1時間**で感染者は**30分間大声**で話していることを想定
- 全員マスクは装着していない



● 感染リスクマップの見方



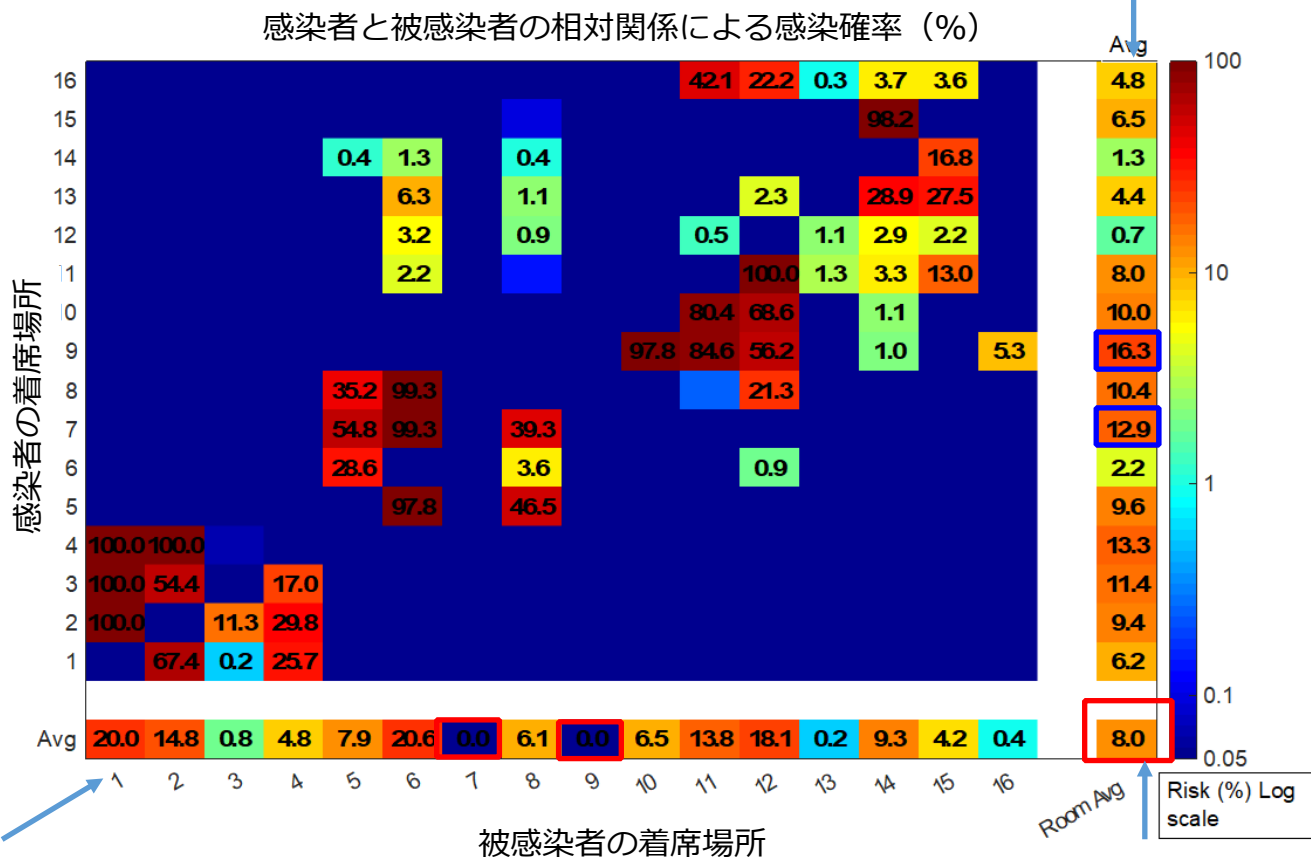
着席場所の番号



排気ダクト

給気ダクト

横軸を感染者を除く15人で平均した値
感染者がそこに座った場合の感染確率
を表す



縦軸を感染者を除く
15人で平均した値
健康者がそこに座っ
た場合の感染確率を
表す

被感染者の着席場所

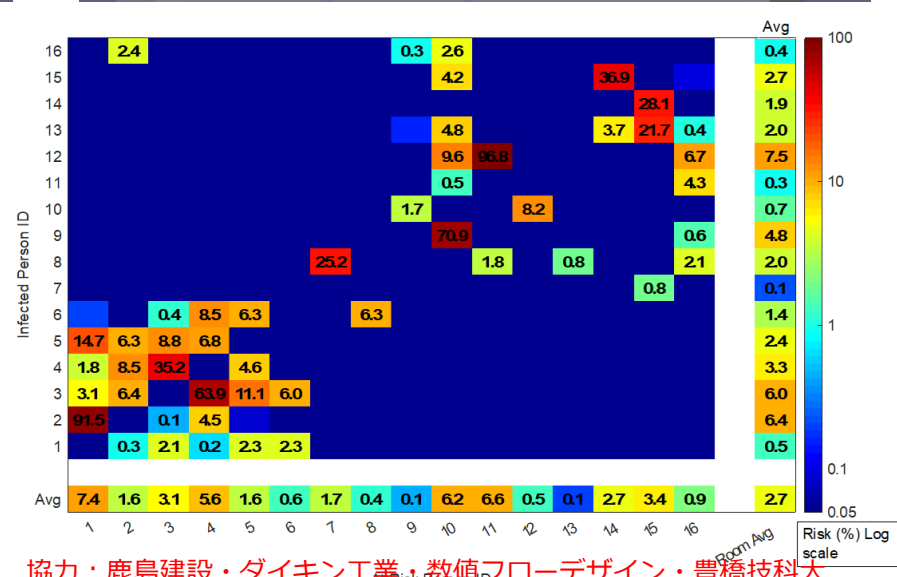
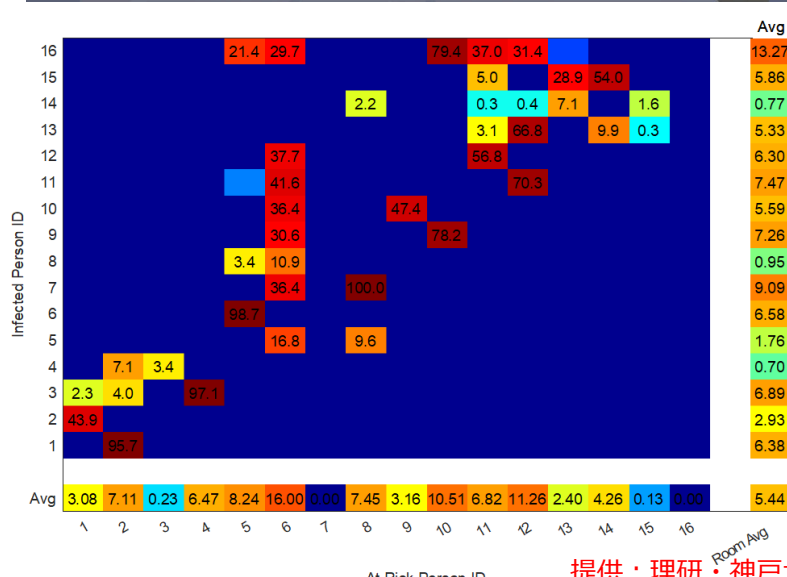
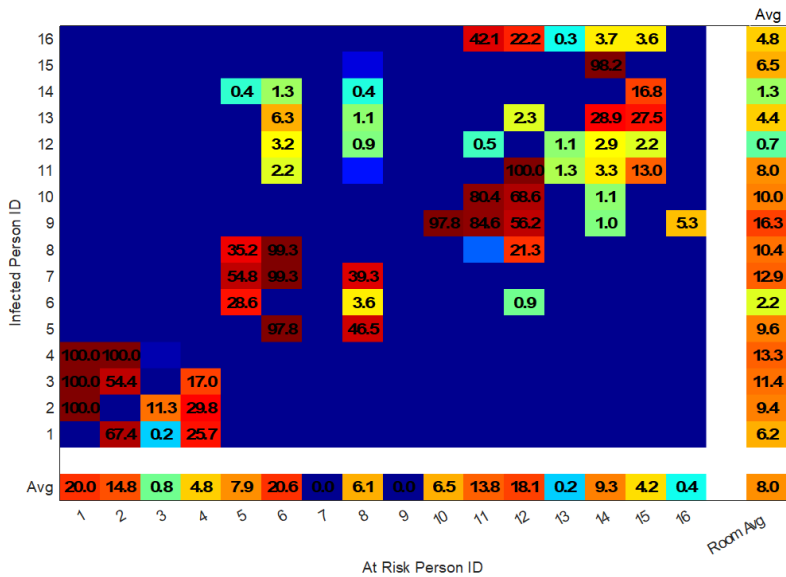
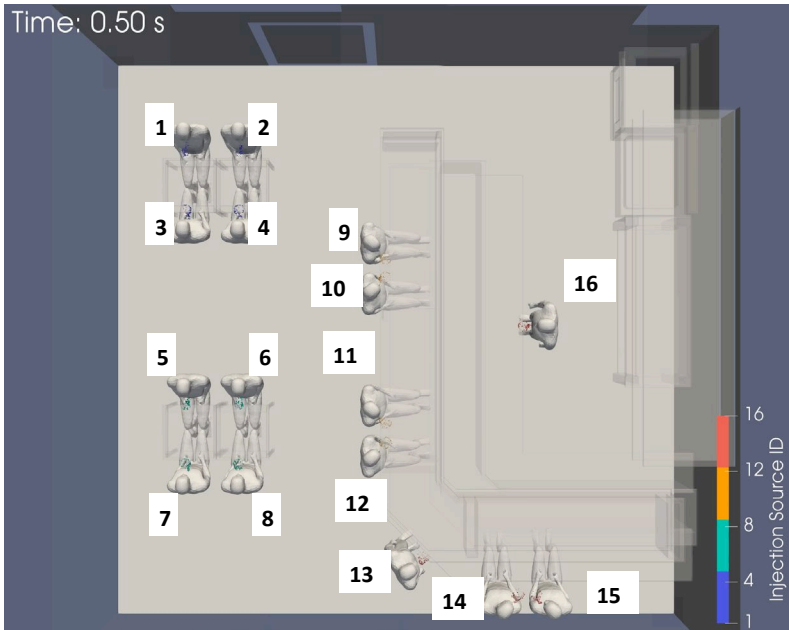
縦軸もしくは横軸を16人で平均した値
部屋全体の感染リスクを表す。
これに16をかければ、1名の感染者が1~
16の全ての場所で同じ確率で着席した場
合の、新規感染者の数を表す。

パーティションの効果

機械換気

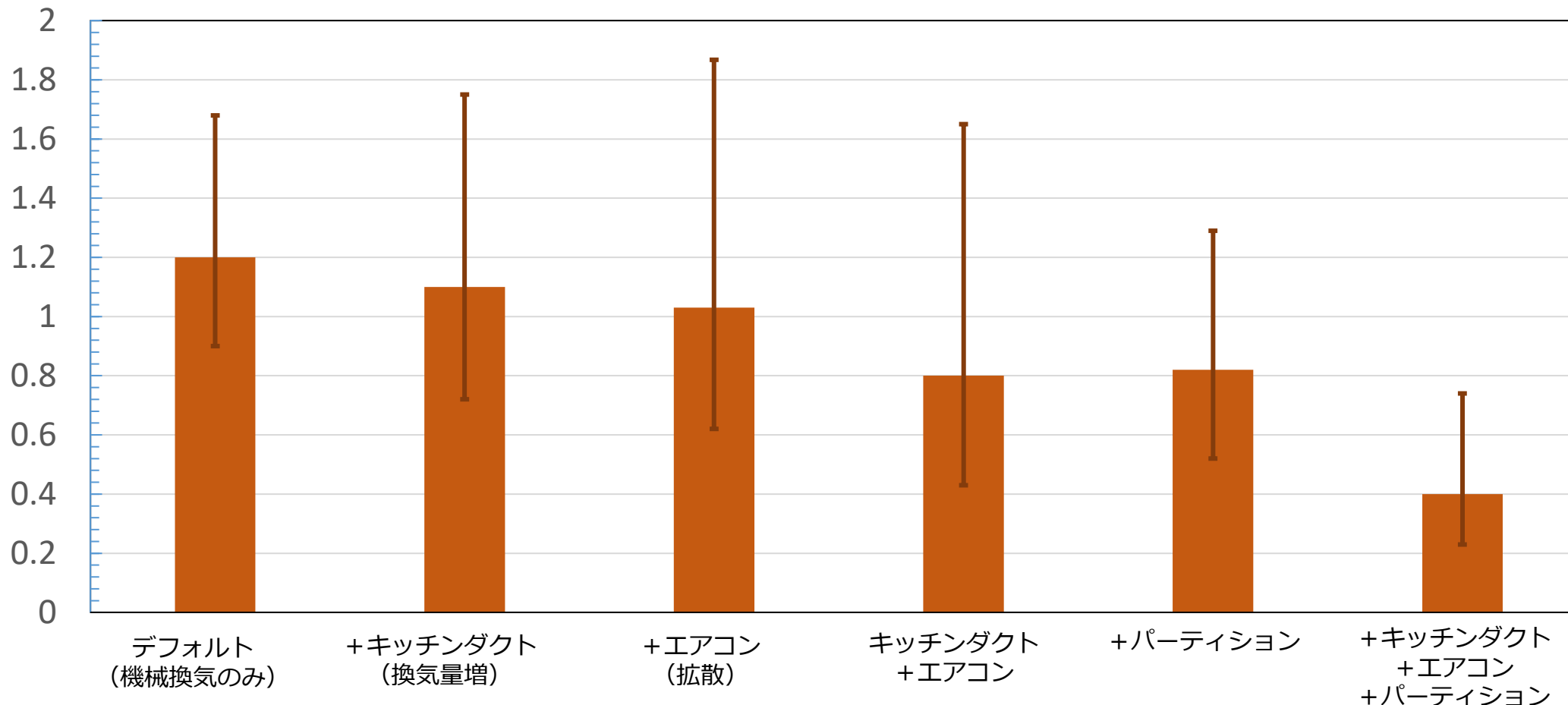
機械換気+パーティション

機械換気+キッチンダクト+エアコン+パーティション



各種リスク低減対策の効果

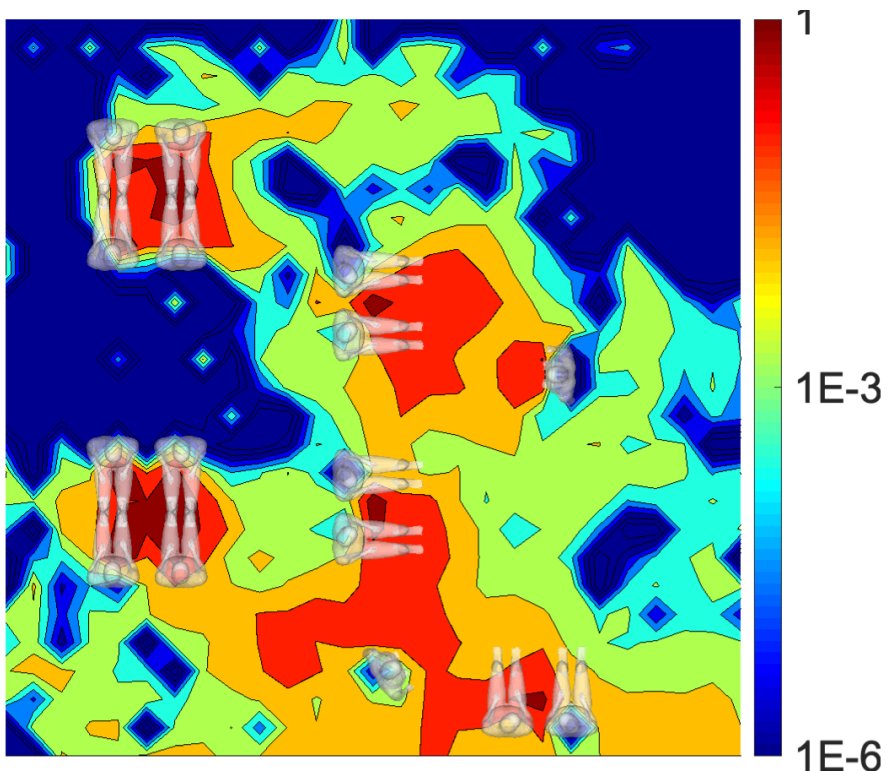
- 1名の感染者（どこかの席に同じ確率で着席）と1時間同席した場合、この店から発生する新規感染者数（人）



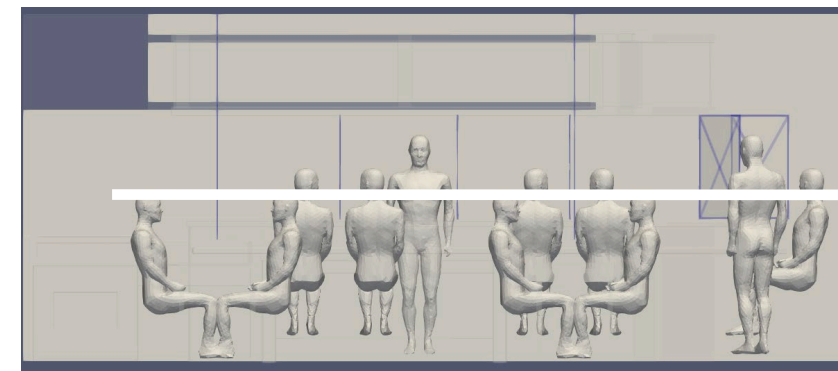
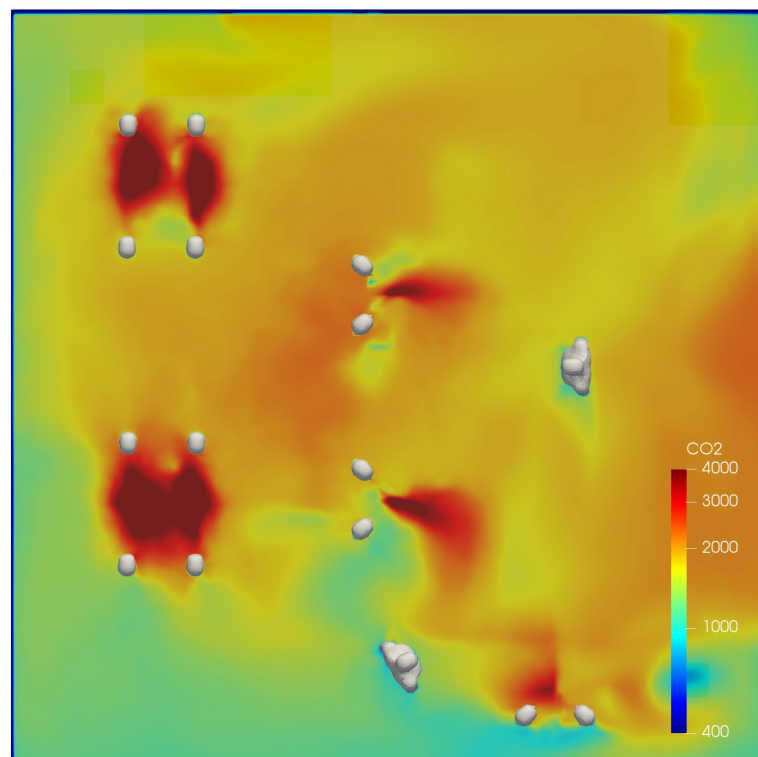
通常の換気状態に対して、キッチンダクトやパーティションを**併用**して対策をすることで、感染リスクを三分の一程度まで減らすことが出来る

- 飛沫濃度（左）と呼吸や会話に伴う二酸化炭素の発生（右）（床高さ1.25m）

空間の飛沫濃度の分布 (mg/m³)



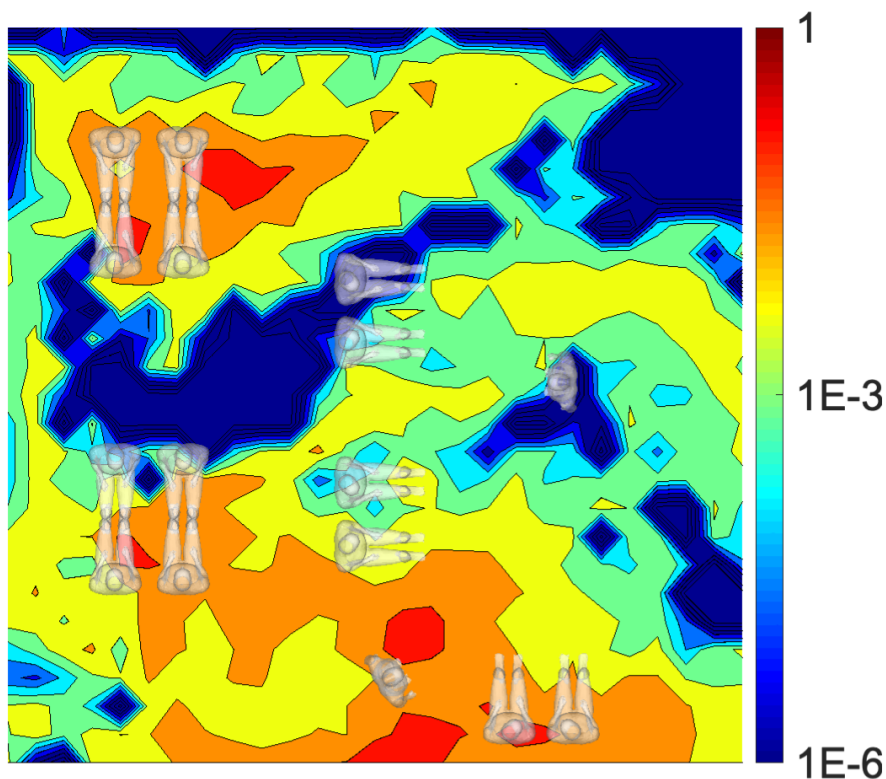
居室内のCO₂の分布 (ppm)



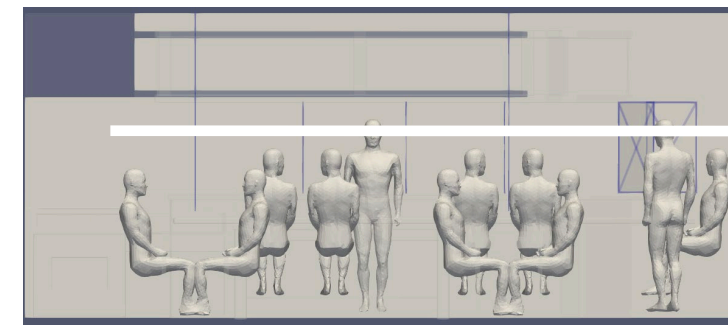
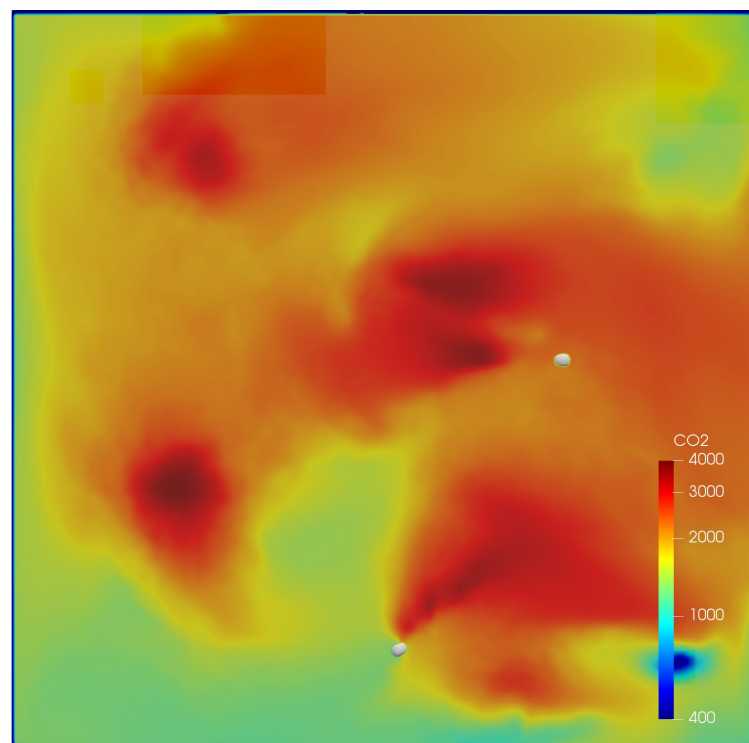
飛沫・エアロゾルによる感染リスクを簡易に評価するためには、二酸化炭素濃度計が有効
 二酸化炭素濃度は室内で不均一に分布するので、複数の濃度計を設置することが重要

- 飛沫濃度（左）と呼吸や会話に伴う二酸化炭素の発生（右）（床高さ1.25m）

空間の飛沫濃度の分布 (mg/m³)



居室内のCO₂の分布 (ppm)

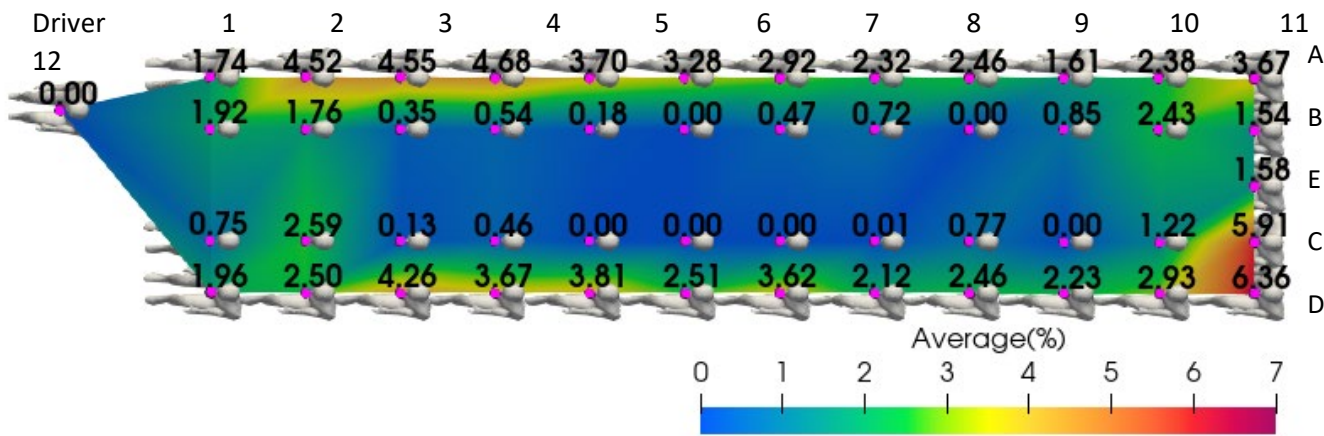


飛沫・エアロゾルによる感染リスクを簡易に評価するためには、二酸化炭素濃度計が有効
二酸化炭素濃度は室内で不均一に分布するので、複数の濃度計を設置することが重要

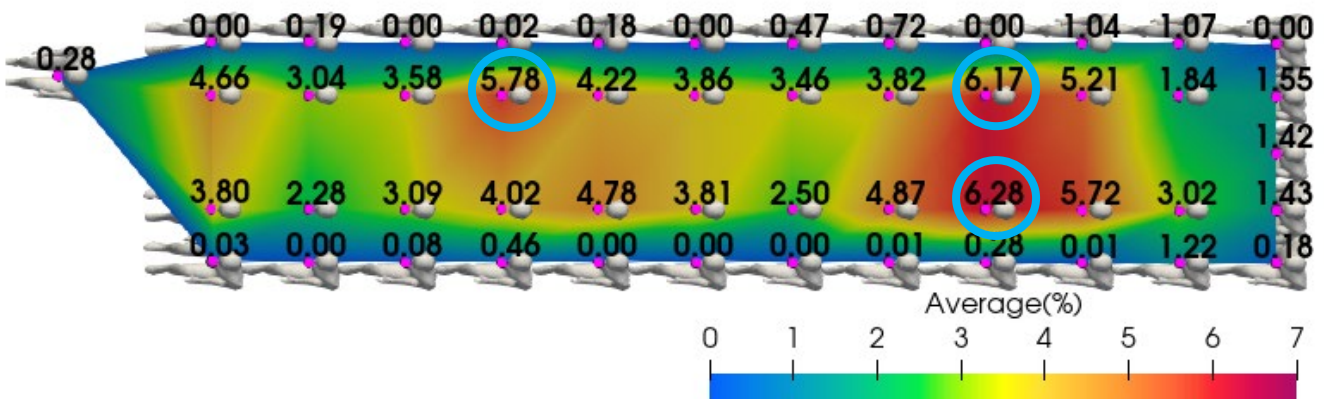
公共交通機関におけるリスク低減対策

- 一名の感染者が乗車し、大声で会話した際の感染リスク評価（1時間乗車）

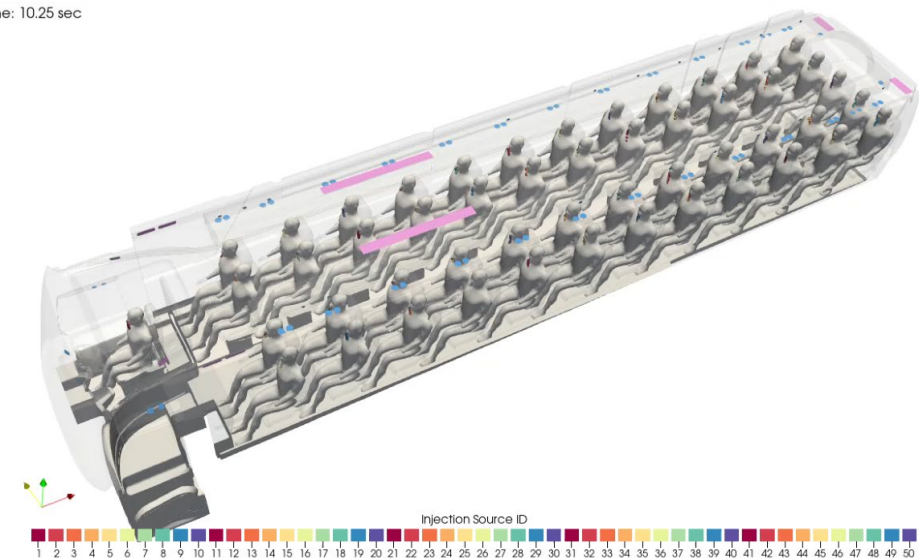
感染者が一名乗車した場合の各座席の感染確率



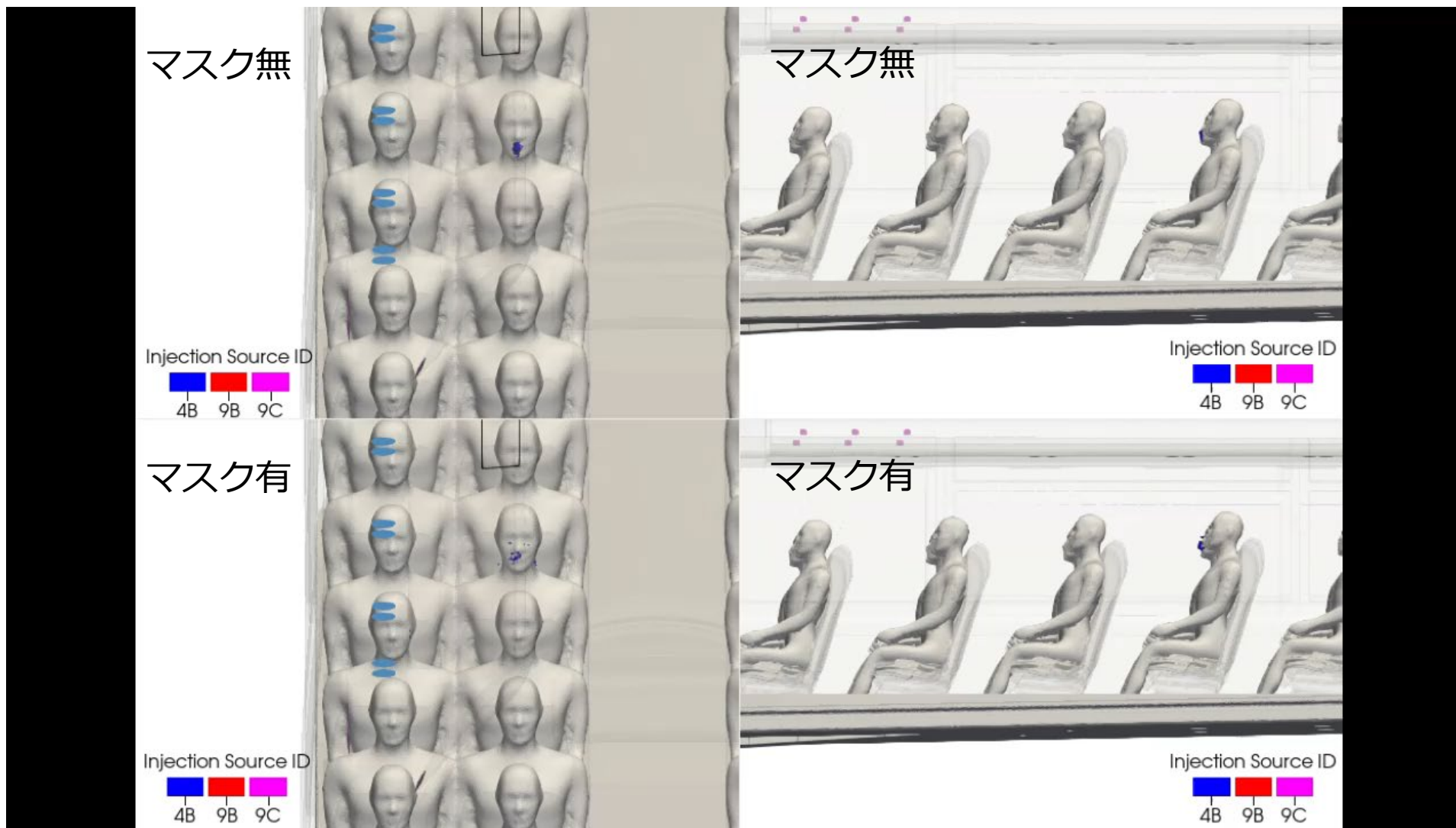
一名の感染者がその場所に座った際にリスクの高い場所



Time: 10.25 sec

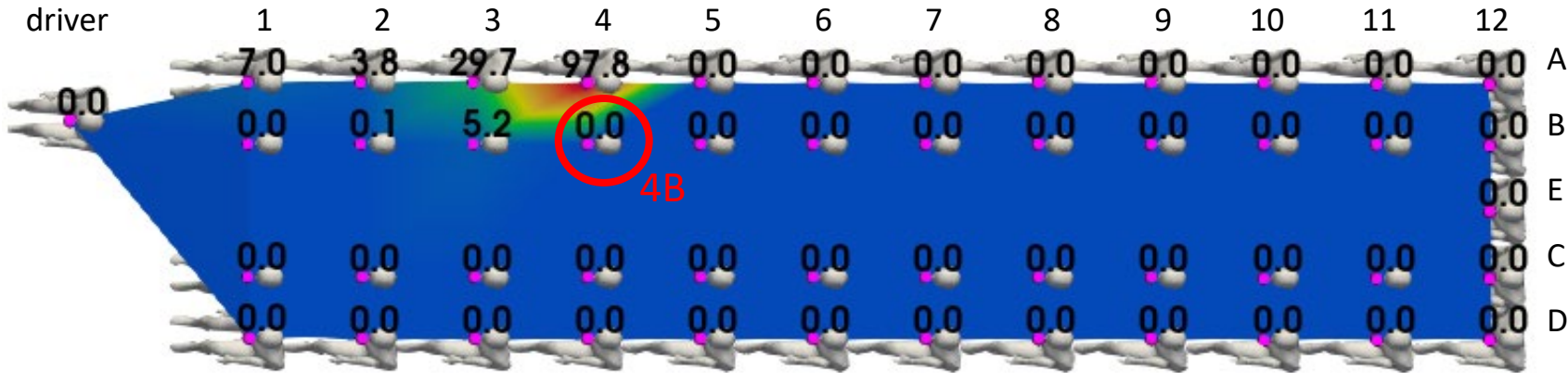


- 4Bに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)



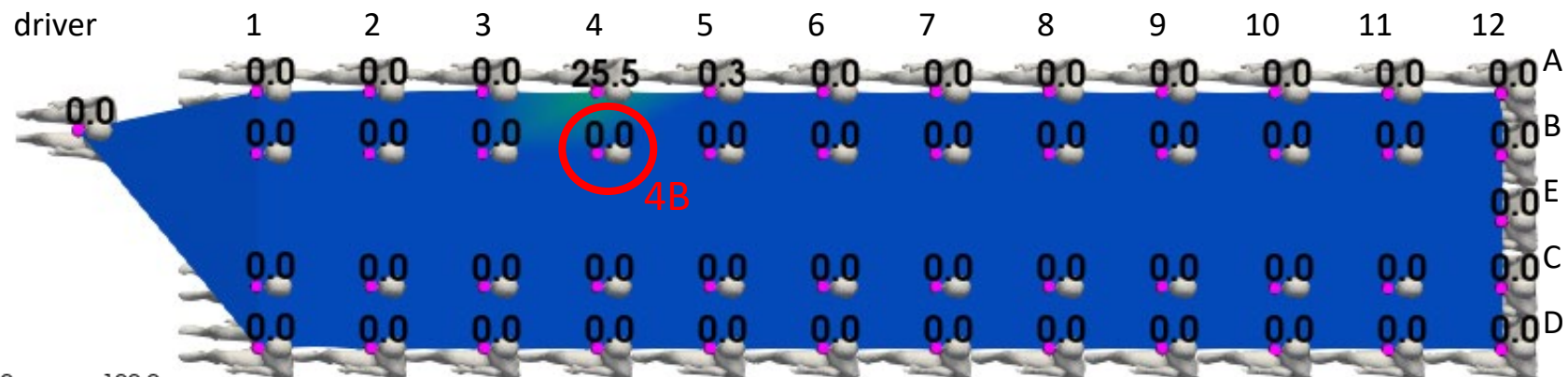
- 4Bに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)

マスク無



7.0	3.8	29.7	97.8	0
0	0.1	5.2	感染者	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

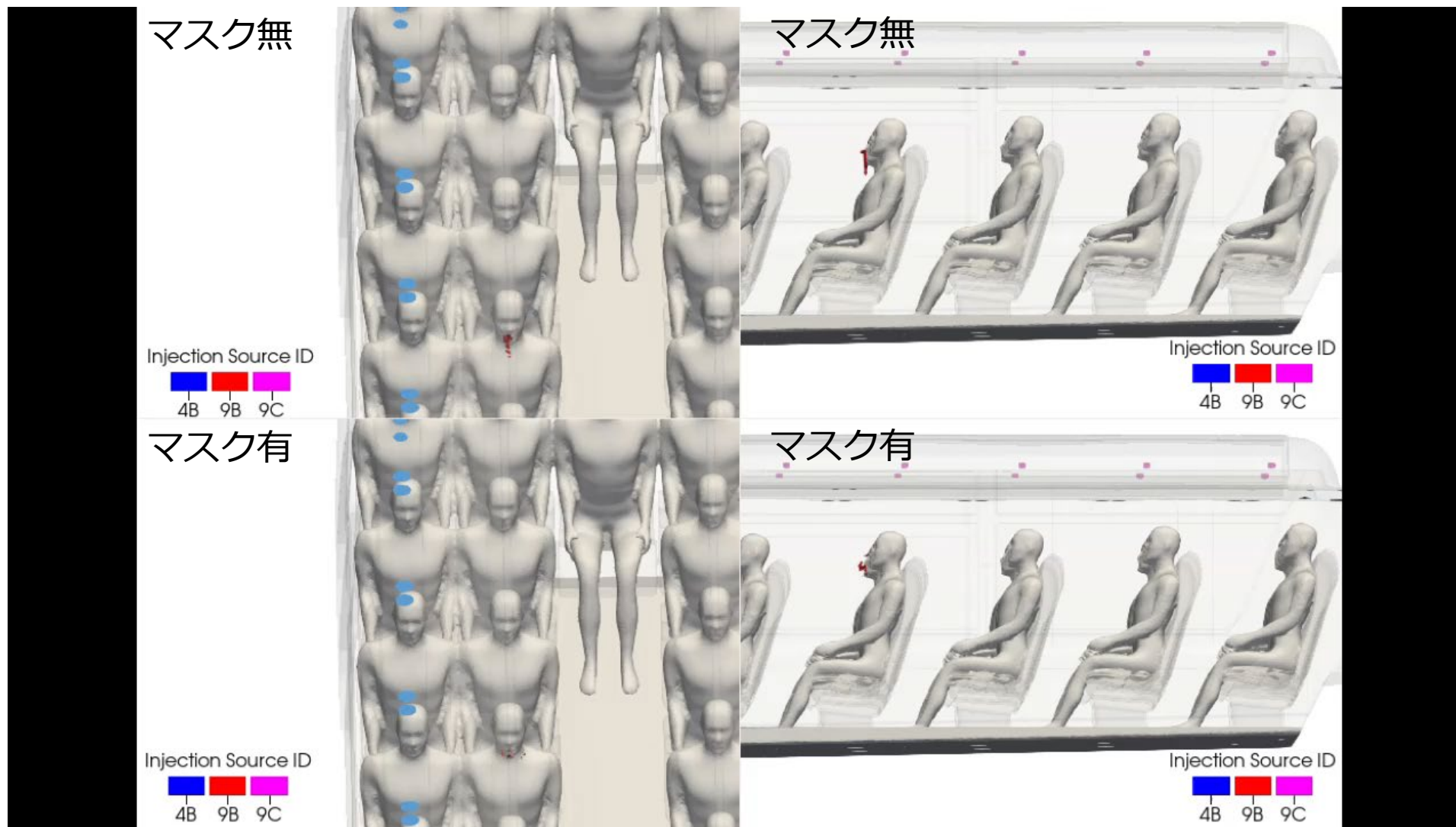
マスク有



0	0	0	25.5	0.3
0	0	0	感染者	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

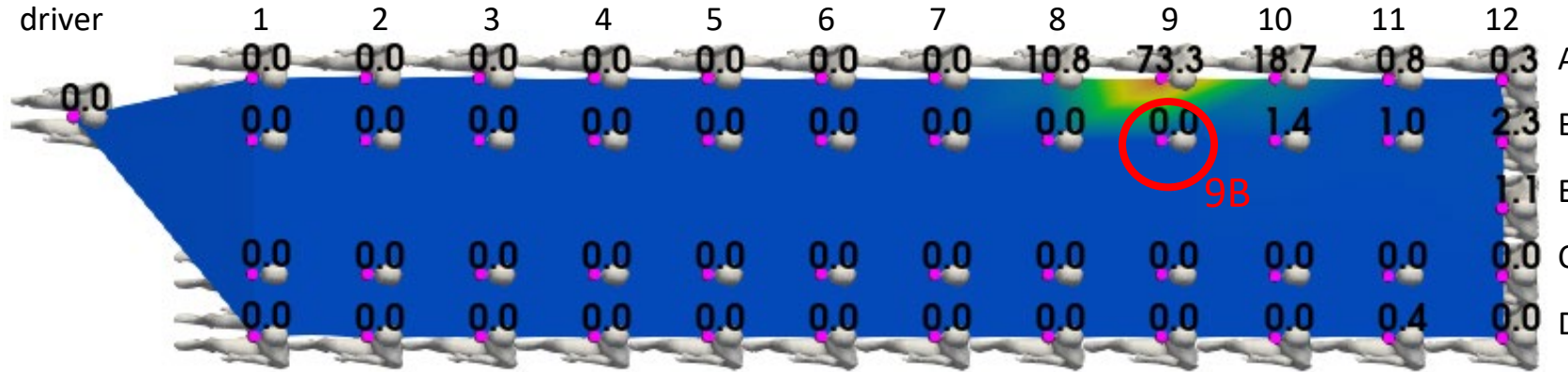


- 9Bに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)



- 9Bに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)

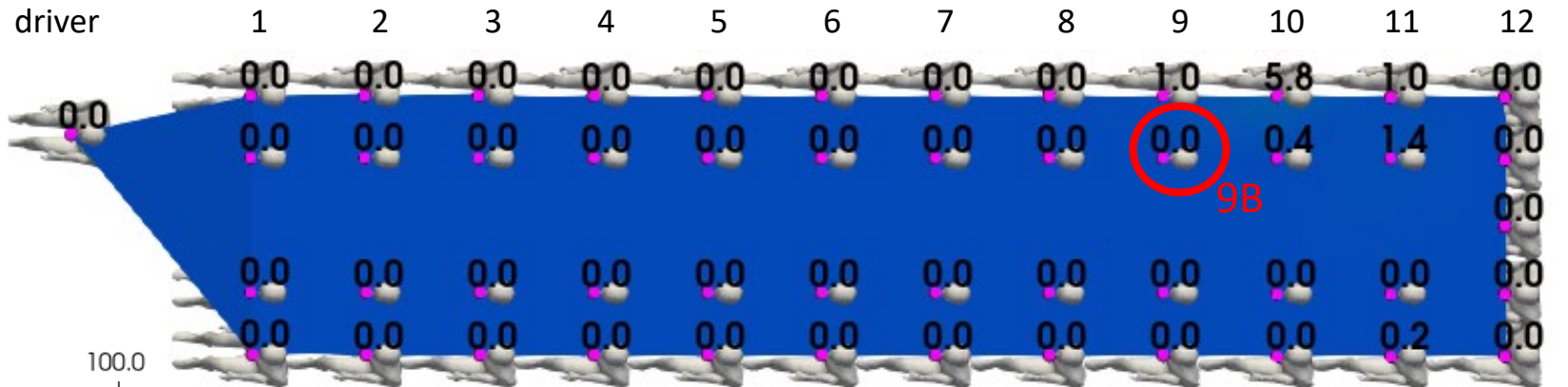
マスク無



10.8	73.3	18.7	0.8	0.3
0	感染者	1.4	1.0	2.3
				1.1
0	0	0	0	0
0	0	0	0.3	0



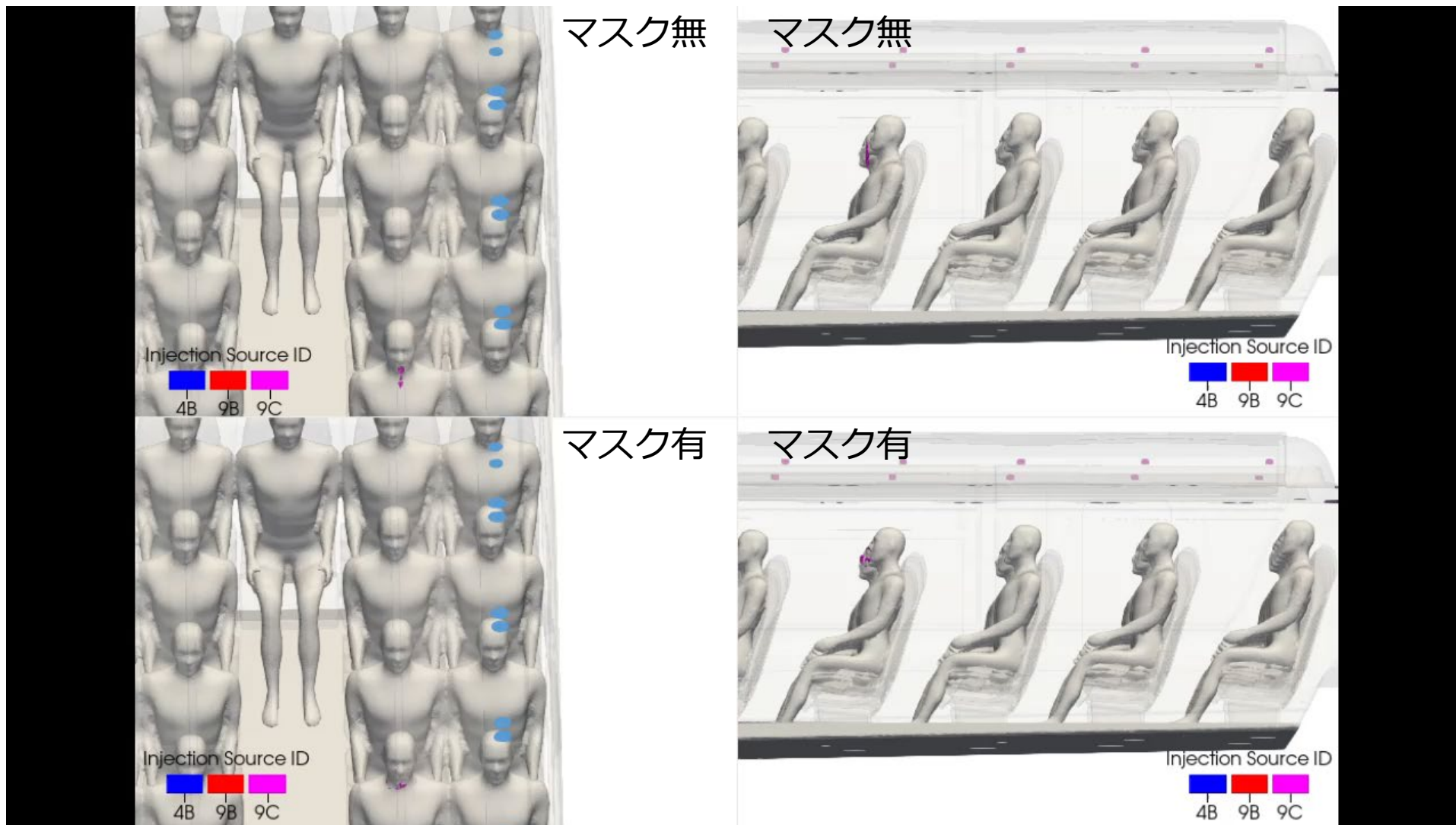
マスク有



0	1.0	5.8	1.0	0
0	感染者	0.4	1.4	0
				0
0	0	0	0	0
0	0	0	0.2	0

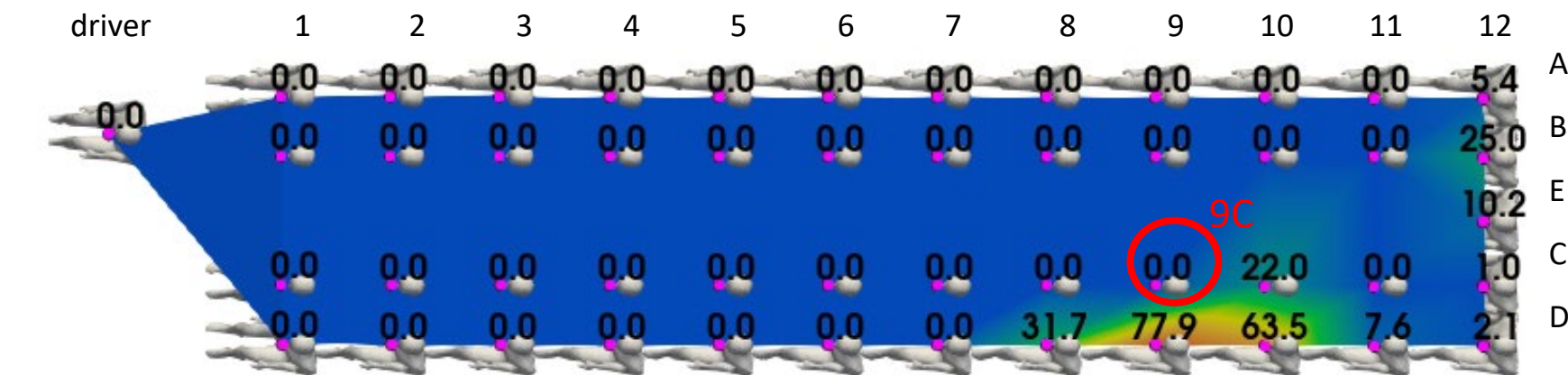


- 9Cに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)



- 9Cに感染者が座った場合の周囲への感染確率 (%)

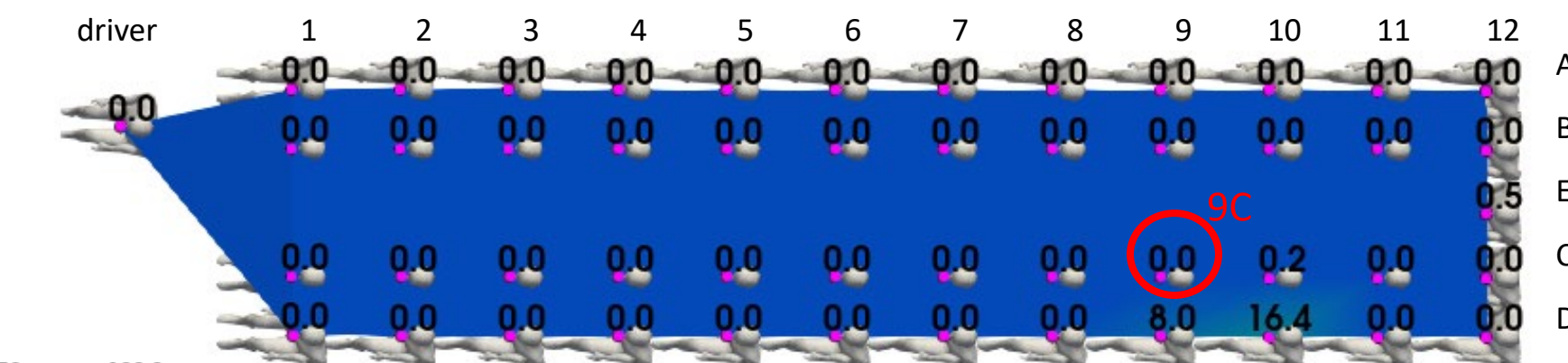
マスク無



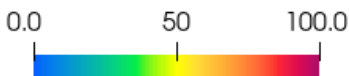
0	0	0	0	5.4
0	0	0	0	25.0
				10.2
0	感染者	22.0	0	1.0
31.7	77.9	63.5	7.6	2.1



マスク有



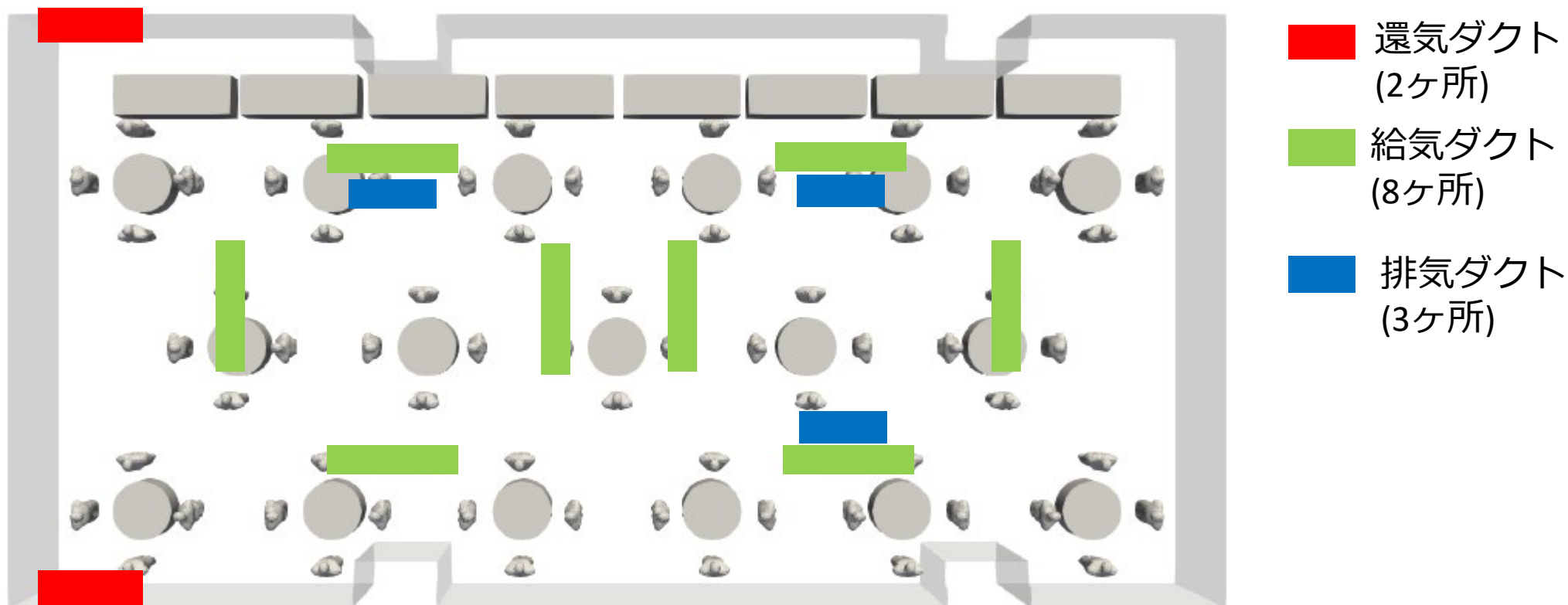
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
				0.5
0	感染者	0.2	0	0
0	8.0	16.4	0	0



宴会場におけるリスク低減対策

評価対象とした実在宴会場（帝国ホテル・舞の間）

- 縦×横×高さ = 17.4m×8.5m×2.8m, 68人収容時を想定



境界名	個数	1つあたり風量 [m ³ /h]	total風量 [m ³ /h]	制気口長辺 [m]	制気口短辺 [m]	吹出風速 [m/s]	吹出温度 [°C]
給気ダクト	8	525	4200	1.5	0.08	1.215	20.55
還気ダクト	2	1350	2700	1.2	0.2	1.563	-
排気ダクト	3	500	1500	1	0.1	1.389	-

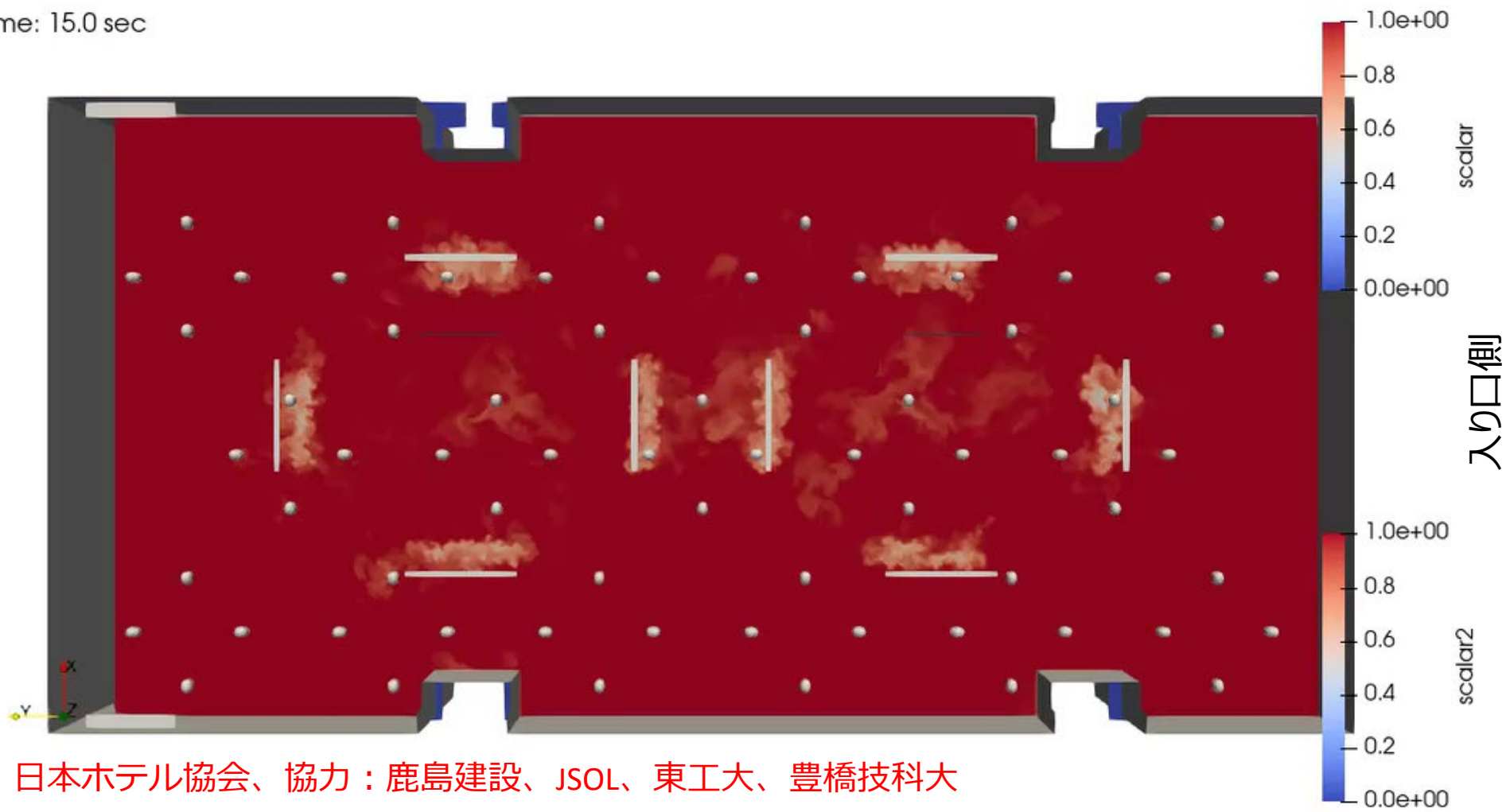
室内の空気が換気によって浄化されていく様子

- 高さ1.55m（口の高さ）での換気の様子
 - 仮想的に汚れた空気（赤）で室内を満たし、室内空気が浄化される様子を観察
 - 平均すると一時間で3～4回空気が入れ替わる
 - 場所により大きな優劣は見当たらず、良好な換気が維持されている

Time: 15.0 sec



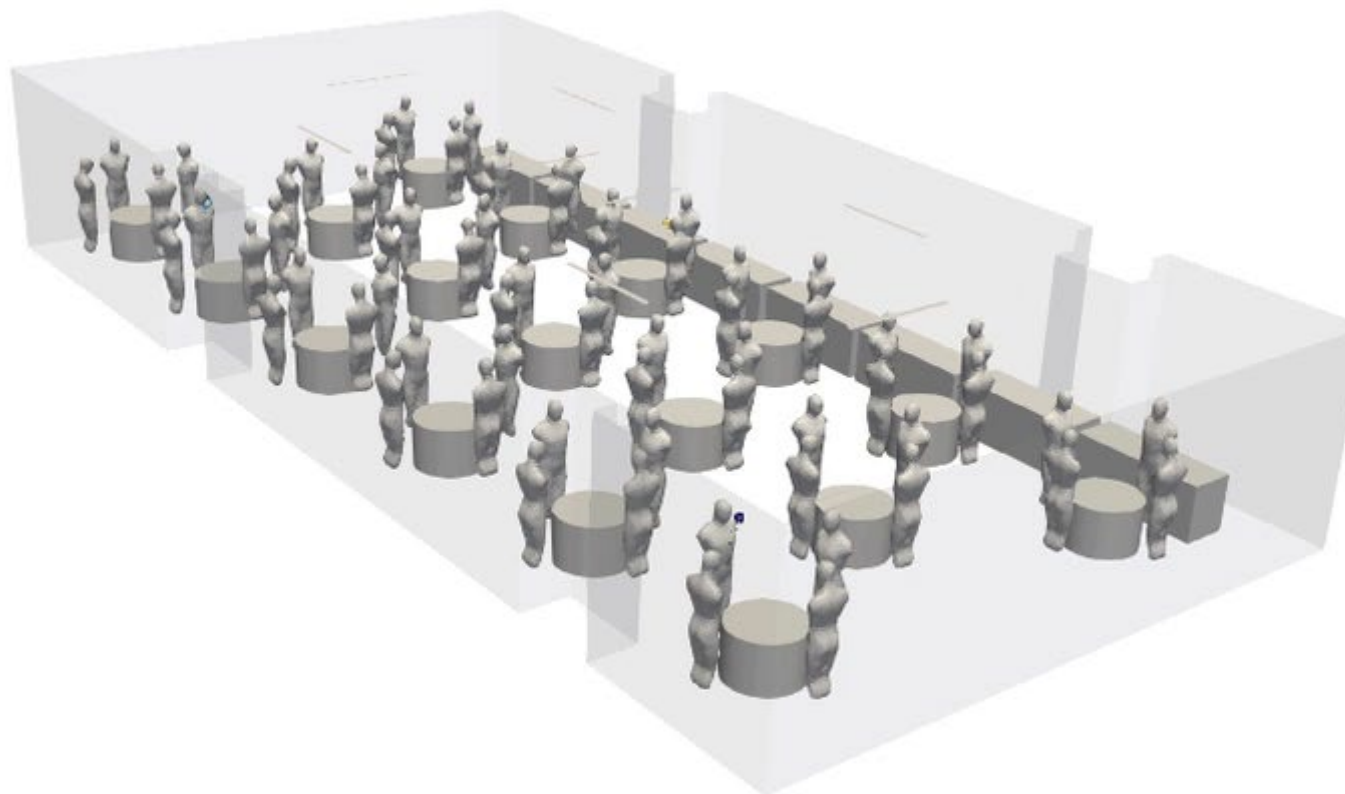
Z=1.55m断面



マスクをしない状態で会話した場合の飛沫飛散の様子

- 感染させる確率の比較的高い場所3か所を選び飛沫を可視化
 - 感染者のテーブル上で高濃度のエアロゾルが滞留する（室内換気が良好なため、10mを越えて遠方に届くことはあまりなく、リスクはテーブル上に限定される）

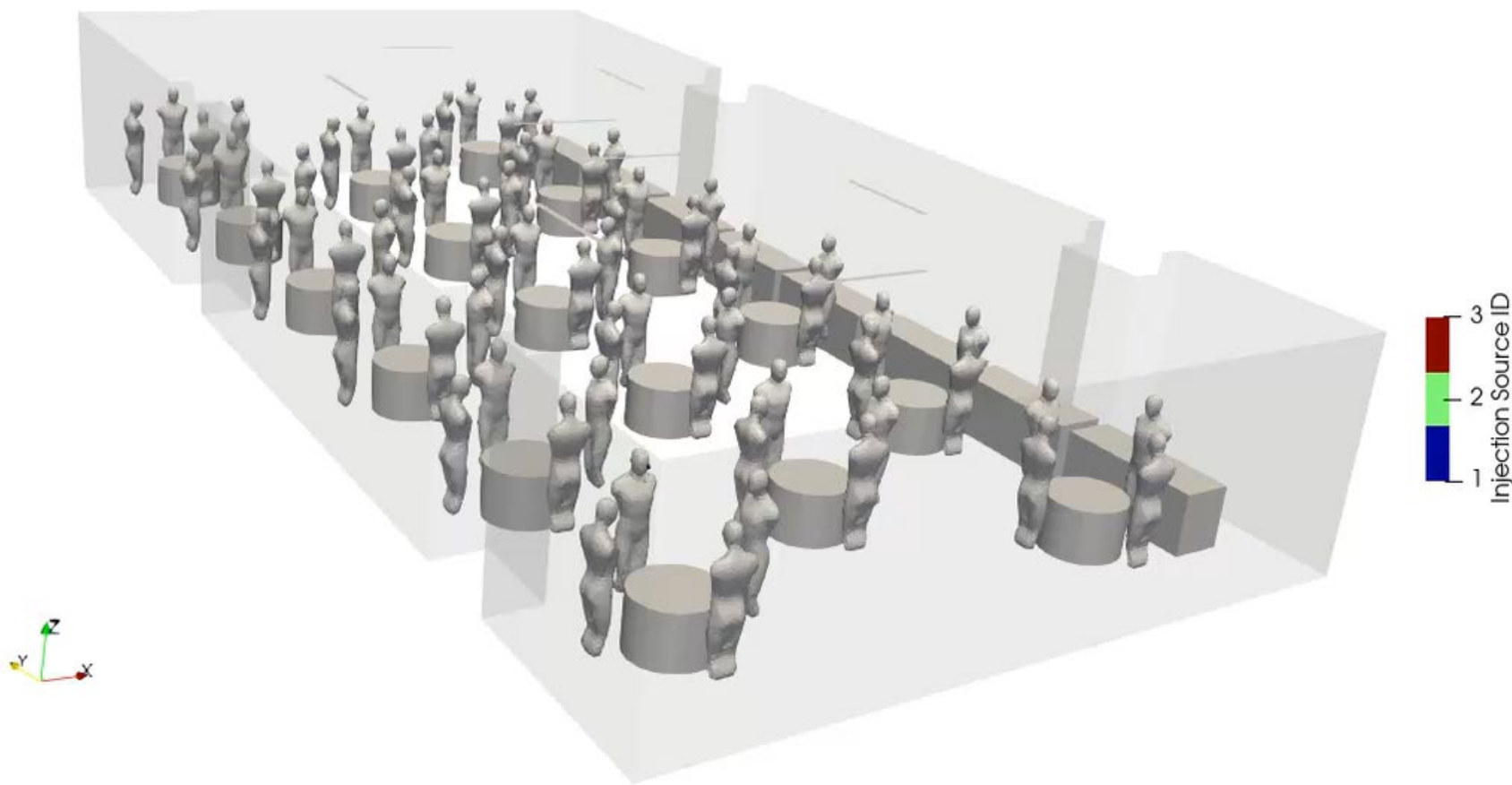
Time: 0.0 sec



感染者がマスクを装着した場合の飛沫飛散の様子

- マスク装着により発生する飛沫が数分の一に減少する
- 漏れ出た飛沫はマスクにより感染者の顔の周辺に漂い、体温により天井側に運ばれていく
- 一部のエアロゾルは周囲の人に到達するが、含まれるウイルスが少ないため、リスクは相対的に低い

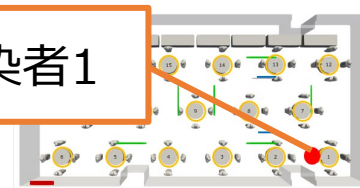
Time: 0.0 sec



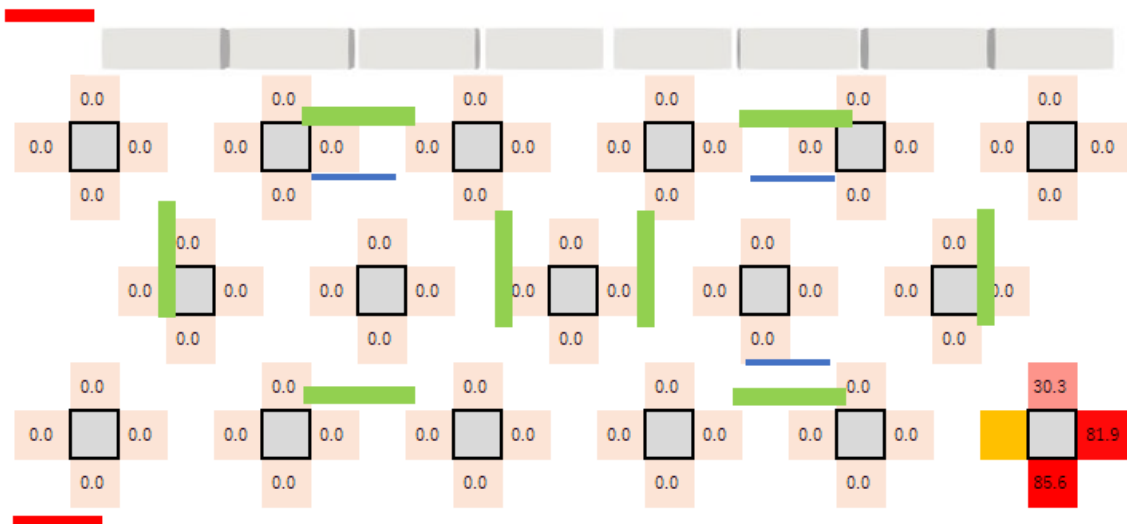
マスク着用によるリスク低減の効果

- 一時間、感染者と同席した場合の感染確率

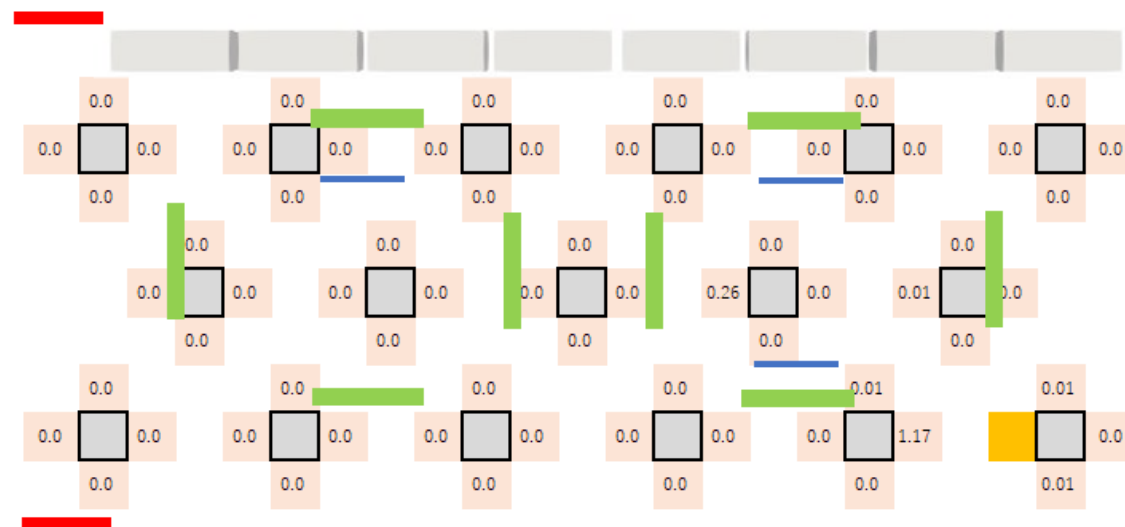
感染者1



感染者マスク未着用



感染者マスク着用



感染者が感染させる確率

感染者:マスク未着用
非感染者:マスク未着用



感染者が感染させる確率

感染者:マスク着用
非感染者:マスク未着用



感染者が室内の人を感染させる確率(最大値):85.6%

感染者マスク未着用

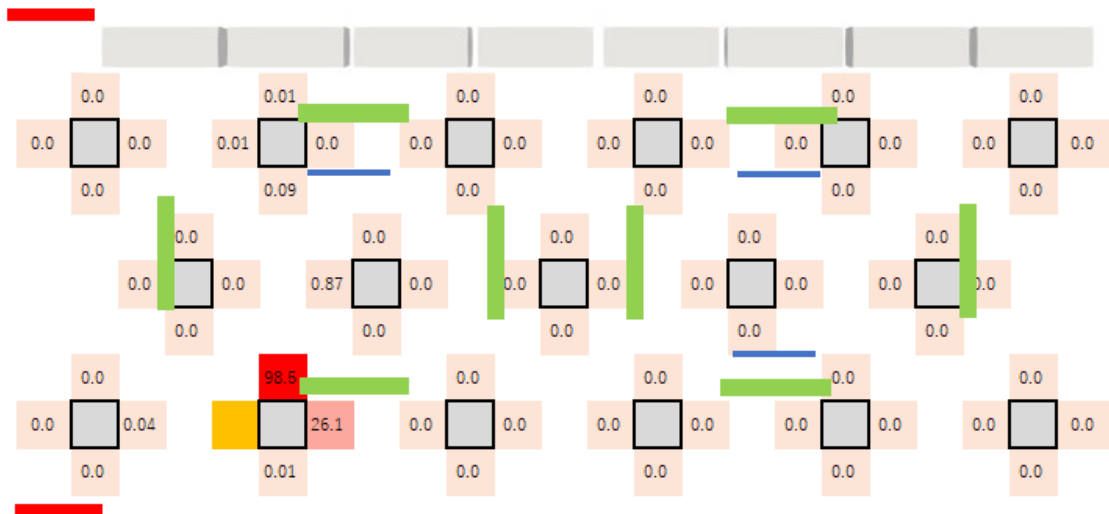


感染者が室内の人を感染させる確率(最大値):0.01%

感染者マスク着用

- 一時間、感染者と同席した場合の感染確率

感染者マスク未着用



感染者が感染させる確率

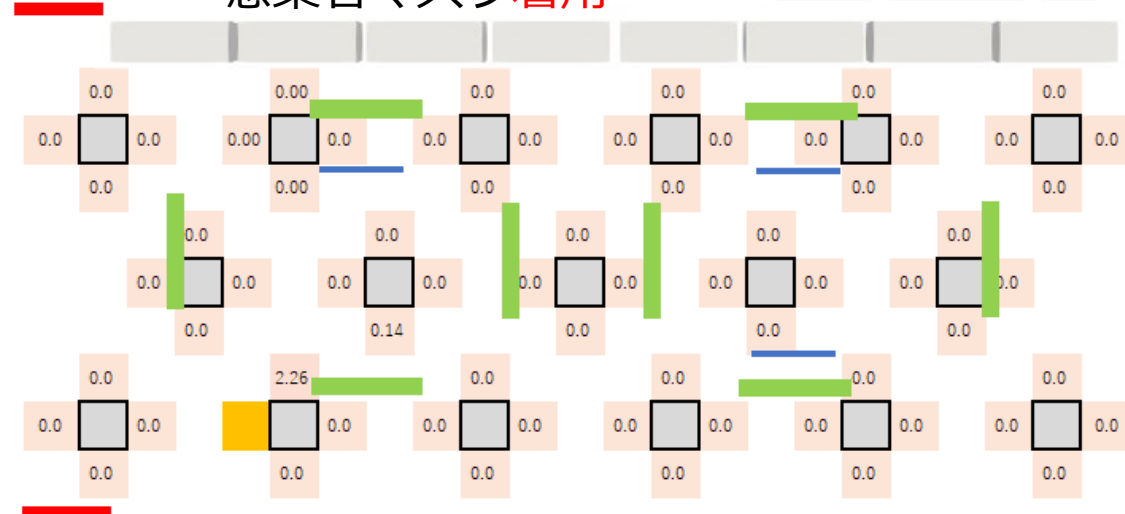
感染者:マスク未着用
非感染者:マスク未着用

感染確率低 感染確率高

感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): 98.5%

感染者マスク未着用

感染者マスク着用



感染者が感染させる確率

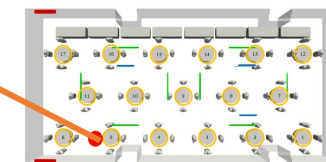
感染者:マスク着用
非感染者:マスク未着用

感染確率低 感染確率高

感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): 2.3%

感染者マスク着用

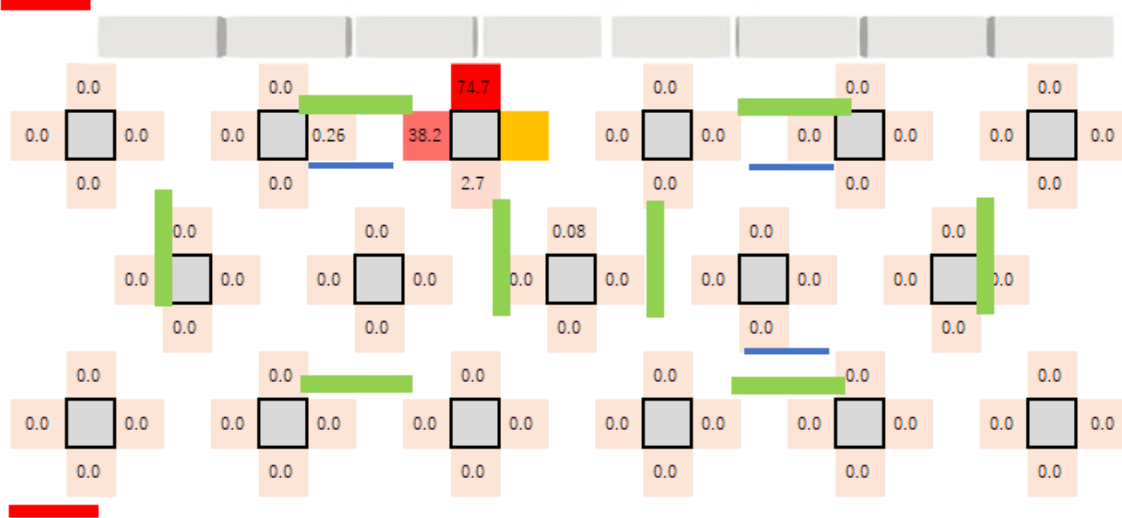
感染者2



マスク着用によるリスク低減の効果

- 一時間、感染者と同席した場合の感染確率

感染者マスク未着用

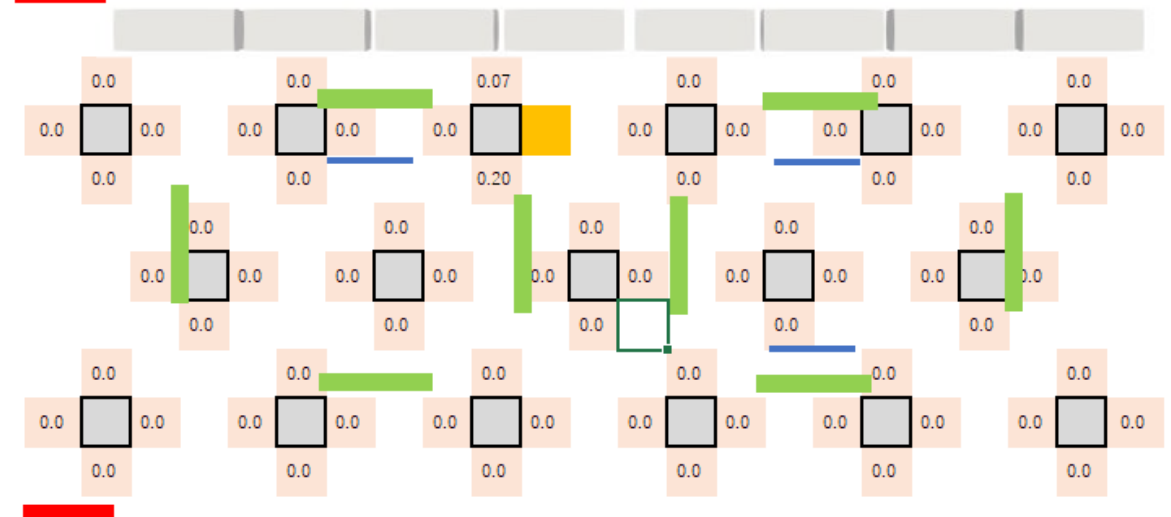


感染者が感染させる確率

感染者:マスク未着用
非感染者:マスク未着用



感染者マスク着用



感染者が感染させる確率

感染者:マスク着用
非感染者:マスク未着用



感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): 74.7% ➡ 感染者が室内の人を感染させる確率(最大値): 0.2%

感染者マスク未着用

感染者マスク着用

- マスクを装着する際は、顔との隙間をできるだけなくすることが大切
- 「手洗い・うがい」や室内の「換気」、人と人との距離や接触時間、マスクの装着等、複合的な観点から、持続的な無理のない対策をすることが必要
- キッチンでの換気扇やエアコンの稼働、さらにパーティションの設置で、店舗全体の感染リスクは三分の一程度まで下げることができる
- 観光バス等の長時間におよぶ接触かつ会話が伴う場合は、マスクの着用が有効
- 宴会場は、良好な換気により、リスクの範囲は感染者の周囲のみに絞られ、室内に感染させるリスクは低減する。
- そうしたことから、検温などにより、体調の悪い方の来場を未然に防ぐことや、適切な換気を行うことが大切。